



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFPG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – DEC



Professores Orientadores: Carlos de Oliveira Galvão
Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

Aluno: Alysson Oliveira Guimarães
Curso: Engenharia Civil
Matrícula: 2981 1144
Período: 2002.2

Campina Grande, Abril de 2003.



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – DEC

Estágio Supervisionado

Monitoramento e Otimização do Escoamento da Produção e Modelagem da Qualidade de Água

Alysson Oliveira Guimarães

Alysson Oliveira Guimarães (aluno)

Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

Beatriz Susana Ovruski de Ceballos (Professora Orientadora)

Carlos de Oliveira Galvão

Carlos de Oliveira Galvão (Professor Orientador e Supervisor)

Campina Grande, Abril de 2003.

ÍNDICE

<u>1 – JUSTIFICATIVA</u>	4
<u>2 – INTRODUÇÃO</u>	5
<u>3 – ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</u>	6
3.1 – Ambiente de Estudo e Problema a Resolver (Escoamento de Petróleo).....	6
<u>4 – IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS NICTEMERAIS EM REGIÕES TROPICAIS</u> ..	10
4.1 – Qualidade das Águas Superficiais.....	11
<u>5 – MONITORAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA DE ACUDES</u>	13
5.1 – Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)	13
5.1.1 – Características Climáticas	13
5.1.2 – Características Topográficas e Geológicas.....	13
5.2 – Açude de Bodocongó	15
5.3 – Metodologia	15
5.4 – Amostragem.....	16
5.5 – Pontos a Serem Amostrados.....	16
5.6 – Procedimento de Amostragem	18
5.7 – Variáveis Climatológicas	18
5.8 – Parâmetros de Qualidade e Demais variáveis Utilizadas.....	19
5.9 – Área da Bacia Hidráulica, Volume, Perímetro e Profundidade Máxima.....	20
5.10 – Procedimento de Coleta e Acondicionamento das Amostras	20
5.11 – Período e Frequência de Coleta	20
<u>6 – PROCESSAMENTO DE DADOS</u>	21
6.1 – Análise de Correlação Múltipla de Pearson	21
6.2 – Análise de Agrupamento	21

1 – JUSTIFICATIVA

O presente relatório refere-se ao estágio supervisionado para conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do aluno Alysson Oliveira Guimarães.

Paralelamente ao programa Monitoramento e Otimização Distribuídos e em Tempo Real do Escoamento da Produção – projeto de parceria entre a UFCG e a Petrobrás – foi realizado um estudo que tinha como base a qualidade de águas em reservatórios e açudes. Como o projeto de Monitoramento e Otimização estuda o escoamento de fluidos produzidos na extração de petróleo através do desenvolvimento de um sistema computacional, também buscou-se a criação de um modelo que correlacionasse a vazão afluyente de reservatórios (de água) com a sua qualidade.

A modelagem da qualidade de água desses reservatórios permitirá que através de dados de precipitação, evapotranspiração e escoamento seja possível determinar diretamente a qualidade da água no reservatório e a possibilidade de utilização humana.

Serão apresentados ao longo deste relatório, um resumo da pesquisa realizada em dutos de petróleo e a metodologia que está sendo empregado pelo aluno para avaliação da qualidade de água dos reservatório de Boqueirão e Bodocongó.

2 – INTRODUÇÃO

A progressiva automação das malhas de dutos para escoamento da produção de petróleo, uma realidade na indústria petrolífera, permite a implantação de sistemas computacionais de monitoramento e controle do processo com possibilidade de obtenção de resultados relevantes em termos de redução de custos e consumo de energia, e de riscos ao meio ambiente, aumentando a produção e a segurança operacional.

O objetivo desse projeto é o desenvolvimento de um sistema computacional, chamado de MDTP, para o monitoramento remoto, distribuído, e em tempo real do sistema de escoamento de fluidos produzidos na extração de petróleo, de forma a garantir a máxima eficiência de movimentação e a redução do custo de consumo de energia, da pressão dos dutos, dos riscos de falhas operacionais e de poluição ambiental e da perda de produção.

Também como forma de monitoramento, e utilizando de princípios semelhantes, está sendo desenvolvido uma metodologia para correlacionar a quantidade de água afluyente em reservatórios destinados ao uso humano, com a qualidade destas águas.

Os dois reservatórios em estudo são: Açude Epitácio Pessoa, conhecido como Açude de Boqueirão, que abastece a cidade de Campina Grande, entre outras do Estado da Paraíba; Açude de Bodocongó, localizado no bairro de mesmo nome no Município de Campina Grande.

Os estudos nestes reservatórios, principalmente o de Boqueirão, permitirão que seja feita uma melhor gestão desses recursos, possibilitando que haja um melhor controle da quantidade que será aduzida em relação à quantidade de água precipitada no reservatório, ou escoada para ele, e a qualidade sanitária desta água. Isto evitará que medidas drásticas, como períodos de racionamento, sejam minimizados ou evitados, através de uma política de gestão mais eficaz.

3 – ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

3.1 – Ambiente de Estudo e Problema a Resolver (Escoamento de Petróleo)

A Unidade de Negócios do Rio Grande do Norte e Ceará (UN-RNCE) da PETROBRAS atua, entre outras atividades, no processo de extração terrestre de petróleo. Atualmente a empresa explora 63 campos de produção numa área que vai do sul do município de Mossoró até o porto de Guamaré. Para extrair e escoar o petróleo nessa região, a empresa possui uma infra-estrutura que é composta por cerca de 4.000 poços em produção, 62 estações coletoras satélites e centrais, uma estação de tratamento de óleo, quadros de bóias, usadas para viabilizar o embarque do óleo da estação de tratamento nos petroleiros, além de uma rede de dutos que interliga os vários elementos do sistema (veja a Figura 1).

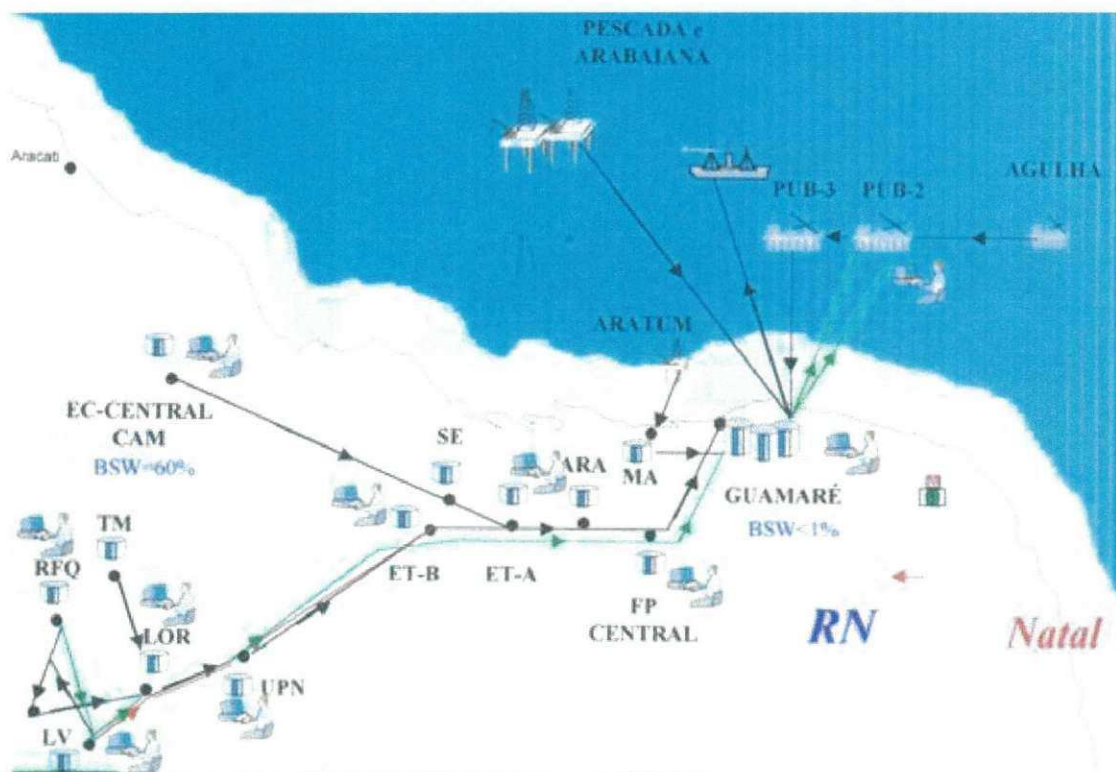


Figura 1: Área de exploração da UN-RNCE

A produção média de petróleo na região é estimada em 116 mil barris por dia, ou cerca de 18.500 m³ por dia. Este valor corresponde a aproximadamente 13% da produção nacional de petróleo.

O conjunto de vários poços em um campo de produção é chamado de malha. Geralmente, em uma mesma malha os poços não são uniformes, alguns poucos são surgentes, ou seja, possuem pressão natural o que faz com que o fluido seja elevado à superfície por si só, outros são não surgentes.

Cerca de 98% dos poços em produção são do tipo não surgentes. Neste caso é necessário que algum mecanismo de bombeamento seja usado (Figura 2a). Existem três tipos principais de bombeamento: a bomba alternativa, a bomba de gás florecível, e a bomba centrífuga.

Cada poço está ligado, através de tubulações individuais (Figura 2b), a uma estação coletora, onde a produção é armazenada em tanques. As estações coletoras satélites (ECS) são pequenas e têm a principal função de testar o fluido que está chegando dos poços (Figura 2c). Através destes testes é possível ter informações sobre a produção do poço, a vazão, o teor de água extraído juntamente com o óleo (BSW), além do teor de gás.



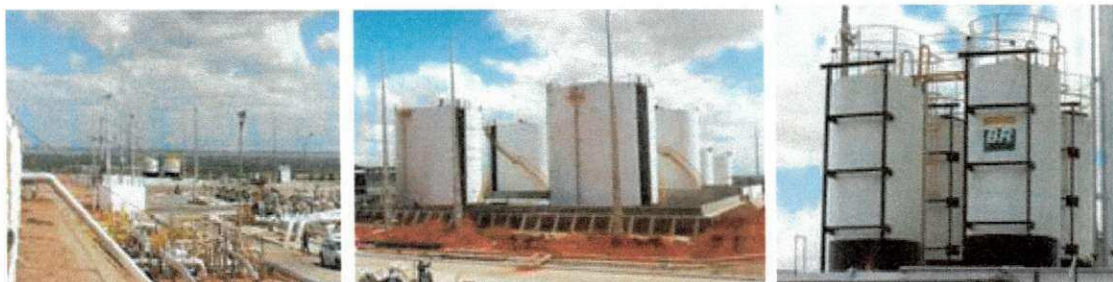
(a) poço

(b) malha de dutos

(c) tanques de teste

Figura 2: Poços e tubulações

As estações coletoras centrais (ECC) (Figura 3a) recebem o petróleo das ECSs (em alguns casos uma ECS pode escoar a sua produção diretamente para o duto principal, sem precisar escoá-la para uma ECC), armazenando-o em tanques (a capacidade e a quantidade de tanques das ECCs são maiores do que aquelas das ECSs, veja figuras 3b e 3c), para depois escoá-lo até o duto principal, através do qual o petróleo é encaminhado para a estação de tratamento de óleo (ETO) no pólo industrial de Guamaré. Na ETO o petróleo é armazenado em tanques para ser tratado e em seguida embarcado nos navios petroleiros.



(a) ECC

(b) tanques de uma ECC

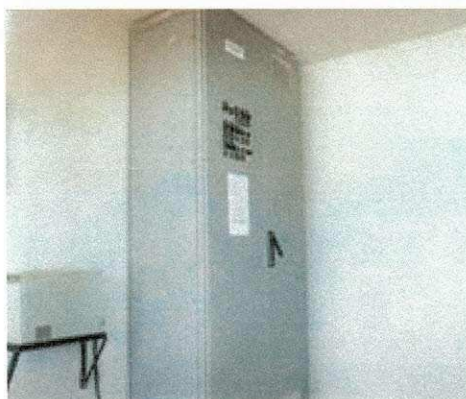
(c) tanques de uma ECS

Figura 3: Poços e tubulações

Grande parte dos poços, cerca de 1.800, já está automatizada e a previsão é que a automação seja quase completa em um horizonte de dois anos. Logo, é viável que se tenha controle do processo de bombeamento, já que variáveis como pressão e vazão podem ser monitoradas constantemente. Os poços possuem microcontroladores (Figura 4a) que informam quando o poço está com algum problema, além de fornecer dados sobre a vazão e a produção do poço. Estas informações são transmitidas via rádio para servidores (Figura 4b) de dados que estão localizados nas estações de onde podem ser lidas remotamente. Com esta automação é possível ligar e desligar os poços a partir dos centros de operação de algumas ECCs. Além disso, mais de 80% das estações também já foram automatizadas. A rede de comunicação utilizada é privada e atende os requisitos de segurança no transporte de dados definidos pela empresa.



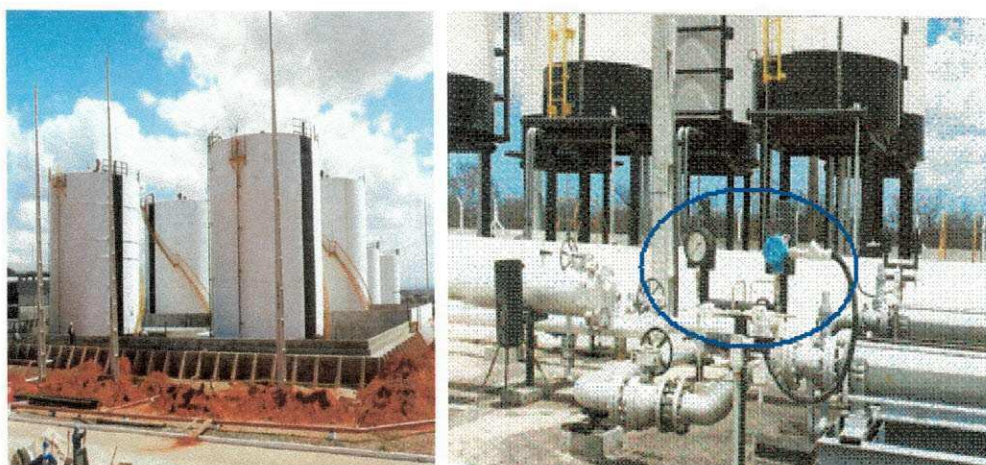
(a) PLC de um poço



(c) PLC de uma ECS

Figura 4: PLCs dos poços e estações

Atualmente o controle do sistema é baseado em equipamentos de segurança e regras simples de operação. Os tanques das estações têm sensores de nível (Figura 5a) que permitem identificar quando o nível do tanque atinge patamares máximos e mínimos de utilização. Quando o nível máximo é atingido o conjunto motor-bomba associado ao tanque é acionado para iniciar o escoamento do petróleo armazenado. Este processo é executado até que o nível mínimo de operação seja atingido. Pressostatos (Figura 5b), instalados na saída de cada uma das estações, monitoram a pressão no oleoduto compartilhado e desligam as bombas sempre que a pressão medida ultrapassa o valor máximo para operação segura previamente calculado e configurado.



(a) Sensor de nível

(b) Pressostato

Figura 5: Sensor de nível e pressostato

Em alguns casos o operador responsável por uma estação pode decidir iniciar o escoamento da produção usando outras diretrizes. Por exemplo, antes dos horários pré-definidos (horários de pico) a PETROBRAS paga mais pela energia consumida na operação das bombas, quando esse horário está se aproximando, uma decisão que pode ser mais econômica é iniciar o escoamento mesmo antes do tanque atingir o nível máximo. Dessa forma, durante o horário de pico os tanques apenas armazenam petróleo.

Entretanto, para que esse processo funcione de maneira satisfatória, é necessário que um escalonamento global do sistema seja realizado, de forma que a entrada em operação das várias bombas esteja devidamente sincronizada, evitando que todas bombeiem na mesma hora, gerando sobrepressão no duto principal.

Atualmente, este procedimento de escalonamento é feito de forma *ad-hoc* através de uma negociação direta entre os operadores das várias estações envolvidas. Esse mesmo tipo de procedimento também é requerido quando, tendo atingido o seu nível máximo, a bomba associada a um tanque é ligada, mas é em seguida desligada por conta de uma sobrepressão detectada pelo pressostato correspondente. Nesse caso, o operador deve intervir no escalonamento do sistema, através de uma negociação com seus pares, a fim de evitar uma parada na produção de petróleo daquela estação ou um transbordamento do tanque.

A não otimização do uso do duto central pode não só aumentar o custo de energia, como também prejudicar a produção, naquelas situações extremas nas quais faz-se necessário parar o bombeamento em poços. Em 2000 esse tipo de situação levou à necessidade de instalação de um segundo duto para fazer face ao aumento de produção na região. Hoje a situação é menos crítica, mas a produção continua crescendo e uma melhor utilização dos oleodutos compartilhados pode postergar a necessidade de novos investimentos na rede de escoamento, ajudando a baixar o custo de produção. Por exemplo, um escalonamento que permita um regime de utilização mais homogêneo dos dutos pode reduzir a pressão média nos mesmos, trazendo um aumento médio na vazão conseguida e conseqüentemente na produção.

4 – IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS NICTEMERAIS EM REGIÕES TROPICAIS

A qualidade da água é determinada por um conjunto de fatores associados aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no interior dos ecossistemas aquáticos. Estas influências determinam a evolução das funções metabólicas, caracterizadas pela interação dos organismos com o sistema aquático, além de condicionar à dinâmica dos processos físicos e químicos que ocorrem na massa líquida. Essa dinâmica é muito variável tendo um padrão de comportamento para regiões de clima tropical diferente de ambientes de clima temperado.

Os padrões de estratificação térmica de lagos temperados estão associados as quatro estações do ano, no entanto, em ecossistemas aquáticos de clima tropical, não existem períodos definidos bem definidos durante o ciclo anual, caracterizado geralmente por um período de estiagem e outros de chuvas. Estes ambientes podem apresentar durante o dia, flutuações, que influenciam no metabolismo e no comportamento dos organismos aquáticos.

Diversos estudos foram feitos em ambientes lacustres em intervalos curtos de tempo e em profundidades diferentes a fim de entender melhor a dinâmica existente no seu interior através de uma análise diária ou nictemeral (24 horas), das variáveis físicas, químicas e biológicas ao longo da coluna d'água.

Devido às diferenças nas regiões tropicais em seus ciclos temporais resultarem dos períodos de chuva e seca, o qual tem considerável significado hidrológico na região semi-árida, os ciclos nictemerai nestas regiões se encerram como estudos estratégicos importantes, visto que, os ritmos diários ou nictemerai, afetam principalmente a temperatura e com ela os demais componentes do sistema. Dessa forma, padrões diários de temperatura podem ter um rápido e marcado efeito na química e na produtividade de um ambiente aquático, tanto no espaço como no tempo.

4.1 - Qualidade das Águas Superficiais

No Brasil, a qualidade da água define os usos da mesma. Segundo a Legislação Brasileira (CONAMA N°20/86) os requisitos de qualidade de água relacionados aos usos são apresentados na tabela a seguir:

Associação entre usos de água e os requisitos de qualidade (Brasil)

Uso Geral	Uso Específico	Qualidade Requerida
Irrigação	Hortaliças, produtos ingerido crus ou com casca	→isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; →isenta de organismos prejudiciais à saúde; →salinidade não excessiva.
	Demais plantações	→isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações; →salinidade não excessiva.
Dessedentação de animais		→isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais; →isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais.
Recreação e Lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido) Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido)	→isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; →isenta de organismos prejudiciais à saúde; →baixos teores de sólidos em suspensão e óleo e graxas; →aparência agradável.

A Resolução CONAMA N°20, de 18/06/86, classifica as águas doces do Território Nacional em quatro classes: desde a classe especial para usos mais nobres até a classe 4 (usos menos nobres). Estas categorias são apresentadas na tabela a seguir:

Classificação das águas doces em função dos usos

CLASSE	USO
Especial	Abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção.
	Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

1	Abastecimento doméstico após tratamento simplificado.
	Proteção das comunidades aquáticas.
	Recreação de contato primário
	Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que serão ingeridas cruas sem remoção de película.
	Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação.
2	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional.
	Proteção das comunidades aquáticas.
	Recreação de contato primário.
	Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas.
	Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
3	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional.
	Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras
	Dessedimentação de animais.
4	Navegação
	Harmonia paisagística
	Usos menos exigentes

A mesma Resolução CONAMA Nº20, de 18/06/86 classifica as águas segundo os padrões de qualidade dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, de acordo com os seguintes valores:

Parâmetros	Limites previstos por classe de água doce				
	Especial	1	2	3	4
pH(-)		6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
DBO ₅ ^{20°} (mg/l)		≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	Sem indicação
OD (mg/l)		≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2,0
N amoniacal(mg/l)	–	Ausente	Sem indicação	≤ 1,0	Sem indicação
Nitrato(mg/l)		≤ 10,0	Sem indicação	≤ 10,0	Sem indicação
Pt (mg/l)		≤ 0,025	Sem indicação	≤ 0,025	Sem indicação
CF (UFC/100ml)	*	≤ 200	≤ 1000	≤ 4000	Sem indicação
CT (UFC/100ml)	*	≤ 1000	≤ 5000	≤ 20000	Sem indicação

Notas: pH – Potencial Hidrogeniônico; DBO₅^{20°} – Demanda Bioquímica de oxigênio com 5 dias de incubação a 20°C; OD – Oxigênio Dissolvido; Pt – Fósforo Total; CF – Coliformes Fecais; CT – Coliformes Totais

* Nos corpos d'água de Classe Especial não são permitidos quaisquer lançamentos fecais, mesmo que esgotos tratados.

5 – MONITORAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA DE AÇUDES

5.1 – Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)

O Açude Epitácio Pessoa (7°29'20"S e 36°17'3"W) localiza-se no município de Boqueirão, na região dos Cariris Velhos da Paraíba, a aproximadamente 40km de Campina Grande. É integrado à bacia hidrográfica do rio Paraíba (21.539km²), represando as águas dos rios Paraíba e Taperoá. Possui uma área de 12.450Km², profundidade máxima 58m e volume de 456.680m³ (Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba - LMRS, 2002).

O açude é a principal fonte de abastecimento humano para a segunda maior cidade da Paraíba, Campina Grande e outros municípios circunvizinhos, como Queimadas e Boqueirão. A tubulação da adutora de 500mm de diâmetro tem seu ponto de captação a aproximadamente 40m de profundidade (quando o açude está com seu nível Máximo). Sua construção teve como objetivo perenizar o rio Paraíba, gerar energia elétrica e abastecer as cidades vizinhas. Este é também usado como fonte de consumo sem tratamento prévio, para lavagem de roupas e utensílios domésticos, pesca e recreação de contato primário, pela população ribeirinha. Além de receber contribuições de esgotos das residências próximas (CEBALLOS, 1995).

5.1.1 - Características Climáticas

O tipo climático predominante é o semi-árido caracterizado por ser quente e seco no verão e úmido no inverno. A temperatura média anual é aproximadamente de 25°C, com máximas em torno de 34°C e mínimas de 18°C. A pluviosidade média anual varia em torno de 150 a 300mm (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

5.1.2 - Características Topográficas e Geológicas

A topografia da região é de terrenos planos sem acidentes geográficos de maior relevância. No quadro geológico predominam as rochas metamórficas com intrusões de rochas magmáticas (granitos e basaltos) sendo muito abundantes as rochas calcárias. Com relação aos tipos de solos no município de Boqueirão e na maior parte da bacia do rio Paraíba, predomina o bruno não cálcico com podzólico vermelho-amarelo e bruno litólico (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

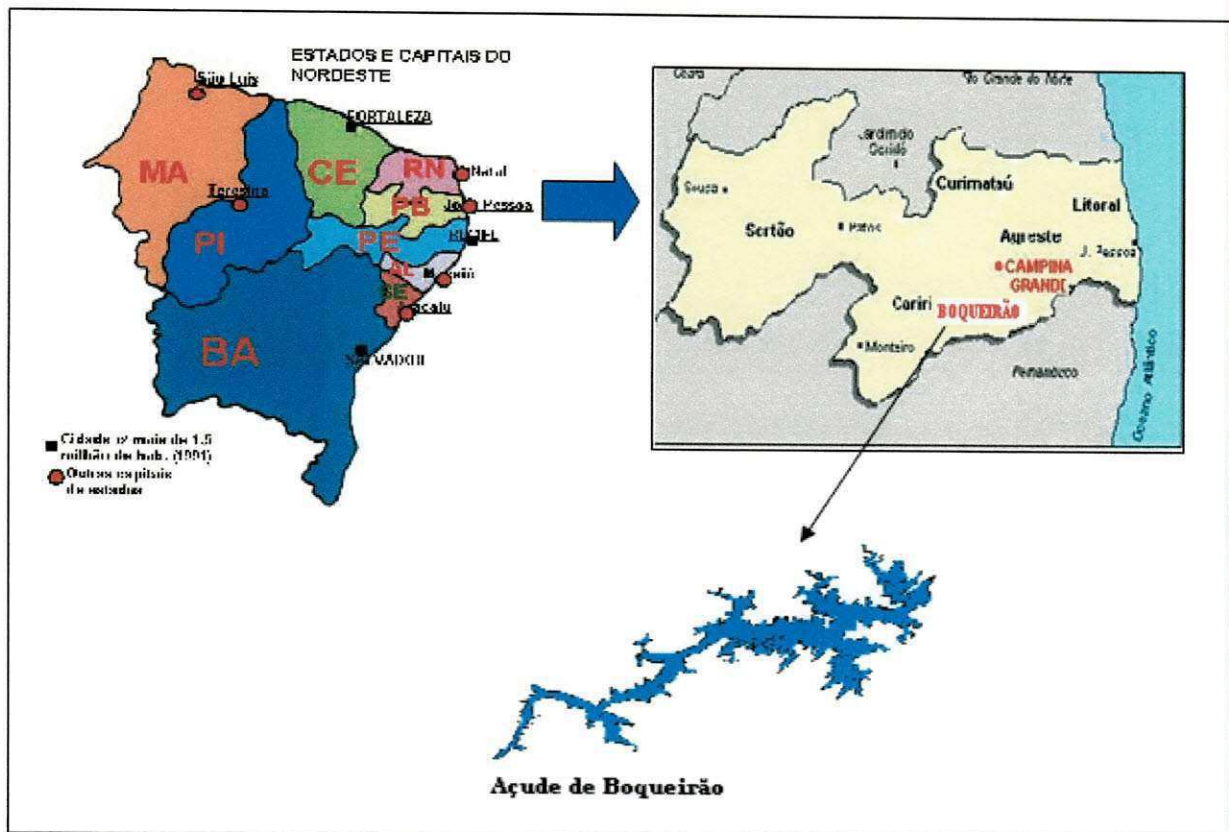


Figura 6– Localização do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão, PB)



Figura 7 – Visualização do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão, PB)

5.2 - Açude de Bodocongó

O açude de Bodocongó localiza-se na cidade de Campina Grande-PB, e é formado pela confluência das águas dos riachos de Bodocongó e Caracóis. Possui uma área **92,19** Km² (LMRS, 2000). O rio Bodocongó nasce e tem seu curso na área dos municípios de Pocinhos, Montadas e Puxinanã, chegando ao Município de Campina Grande pela parte norte, vizinho ao distrito de São José da Mata. Atravessa a cidade de Campina Grande correndo no sentido Norte Sul, alcançando o município de Queimadas e desagando no Rio Paraíba (PLANO DIRETOR, Campina Grande, 1995). O Açude de Bodocongó foi inaugurado em 1917, objetivando aumentar o abastecimento de água do município, que atravessava um período de longa estiagem. No entanto, devido o elevado teor de sais na água acumulada, sua utilização para consumo humano foi descartada (ALMEIDA,1964).

Atualmente a água do açude é utilizada por uma indústria de papel e lavagem de carros. O açude recebe contribuições de esgotos vindo de bairros não saneados, além do lançamento de resíduos sólidos pelos moradores de perto das margens. Ainda, a população ribeirinha utiliza a água para lavagem de roupas e de veículos, utensílios, recreação e pesca. (CEBALLOS, 1995).

5.3 - Metodologia

Nos dois açudes estão sendo feitos dois tipos de estudos:

- estudos sazonais, realizados em diferentes estações de coleta da zona litorânea e uma na limnética (centro).
- estudos nictemerais (24 horas) e de distribuição vertical na coluna d'água (nas profundidades: 100%, 50%, 1% de intensidade luminosa e no fundo) em uma estação de coleta (zona limnética), com intervalos de duas horas. Estes experimentos são repetidos em época seca e chuvosa.

As coletas de água são realizadas com garrafa de Van Dorn, com capacidade de 5L. A determinação das profundidades estão sendo estimadas a partir da equação 1:

Equação 1 $Z = (- \log_e \cdot f) (k)^{-1}$

onde: Z = profundidade (m)

\log_e = logaritmo natural

$f = (I_z)(I_0)^{-1}$ = fator entre 0 e 1

$k = (1,7)(Z_{sd})^{-1}$

Z_{sd} = transparência do disco de Secchi (m)

Através dos valores de k , calcula-se o coeficiente de atenuação vertical da luz multiplicando-se pelo fator 2,7, estimando-se a extensão da zona eufótica (ESTEVES, 1998). A medição da transparência da água é realizada com o auxílio do disco de Secchi, preto e branco e de 30 cm de diâmetro.

5.4 - Amostragem

A amostragem está sendo efetuada há pelo menos 12 meses para se avaliar as variações desenvolvidas em uma época seca e uma época chuvosa. A frequência de coleta dos estudos temporais é mensal e das nictemerais é semestral.

5.5 – Pontos a Serem Amostrados

Ambientes	Pontos	Descrição
Boqueirão	Estação central	Ponto central da zona de reservatório
	Estação 1	Torre de Captação
	Estação 2	Zona de Lago
	Estação 3	Afluente (Rio Paraíba)
	Estação 4	Afluente (Rio Taperoá)
Bodocongó	Estação central	Ponto central do açude
	Margem 1	Margem com macrófitas
	Margem 2	Margem oposta próxima a entrada de esgotos
	Afluente 1	Rio Bodocongó
	Afluente 2	Esgoto UFPB
	Afluente 3	Esgoto do bairro de Bodocongó
	Afluente 4	Esgoto do bairro de Bodocongó
Afluente 5	Esgoto do bairro de Bodocongó	
Afluente 6	Esgoto do bairro de Bodocongó	

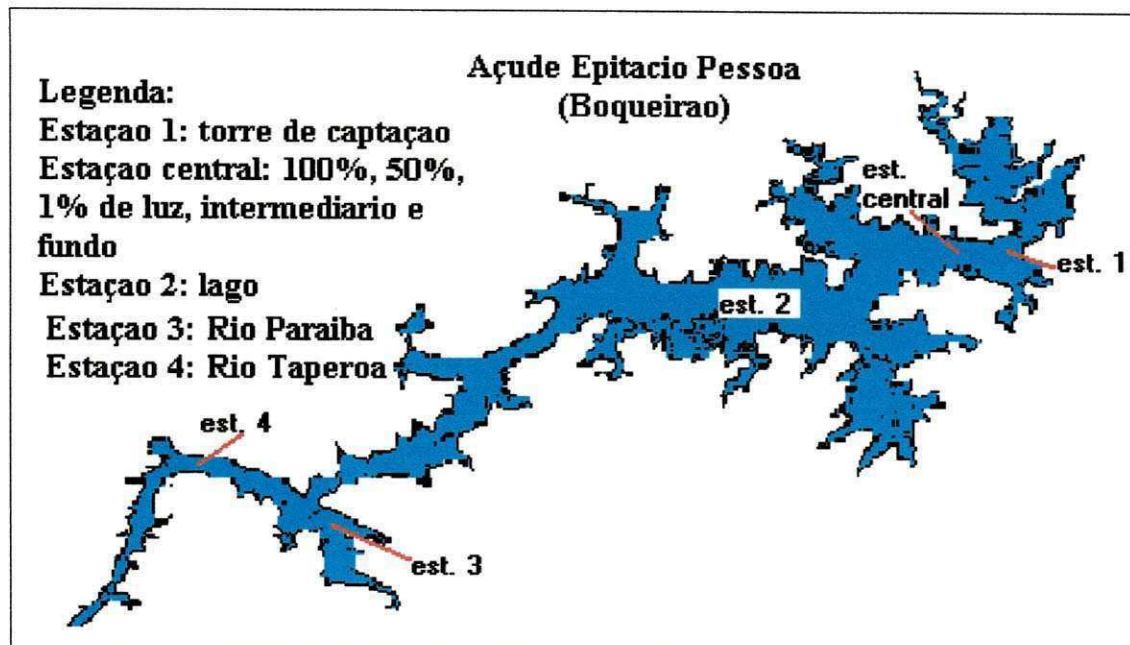


Figura 8: Localização dos pontos amostrados no açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)

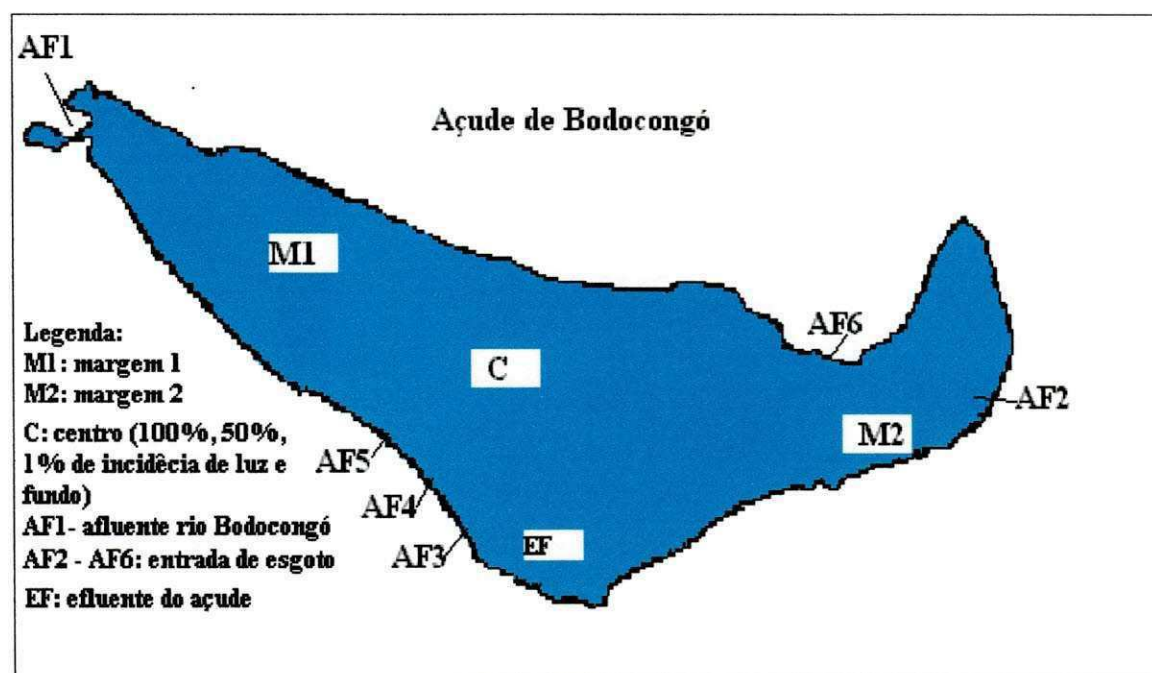


Figura 9: Localização dos pontos amostrados no açude de Bodocongó

5.6 – Procedimento de Amostragem

Definição dos Horários de Coleta: estão sendo realizadas desde as 08:00h do dia inicial até as 06:00 do dia seguinte, com coletas na superfície (30cm) e na coluna de água, a cada duas horas, perfazendo um total de 48 amostras em cada um dos açudes.

Profundidade: as amostras de água são coletadas com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn, em várias profundidades, relacionadas com os percentuais de radiação solar subaquática, determinadas nos dias de coleta a partir da superfície com 100%, 50%, 1% de luz (níveis: superfície, intermediário e fundo). A determinação das profundidades de coleta só será possível durante o período diurno. Durante à noite, devido a ausência de luz, serão fixadas as últimas profundidades do dia.

Está sendo avaliada a qualidade da água dos açudes através do monitoramento nas margens e do centro, aproximadamente a 30 cm de profundidade a fim de estudar os comportamentos horizontais; e ao longo da coluna de água em estações de coleta, definidas “in loco” em cada um dos açudes. Os pontos para os estudos nictemerais ao longo da coluna de água, foram escolhidos após análises prévia da qualidade de água dos compartimentos horizontais.

5.7 – Variáveis Climatológicas

Vento

Os dados de direção e velocidade dos ventos dos dias anteriores e concomitantes aos da coleta e as médias mensais, são obtidos da Estação Meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, de Campina Grande – PB e posteriormente da estação meteorológica de Boqueirão, através do acesso de um anemômetro totalizador Windwed da R. Fuess.

Precipitação Pluvial

Os valores de precipitação pluvial também são obtidos nos dias anteriores e concomitantes aos das coletas e as médias mensais, através da Estação Meteorológica da Embrapa, de Campina Grande – PB, e da Estação Meteorológica de Boqueirão registrado através de um pluviômetro.

Temperatura do Ar

A temperatura do ar será medida, nos dias de coleta e nos dias anteriores na Estação Meteorológica de Boqueirão e da Embrapa de Campina Grande. No ponto de coleta e durante as horas de amostragens, os valores de temperatura do ar são obtidos através de um termistor colocado a aproximadamente 0,05m da superfície da água.

Radiação Solar e Horas de Insolação

A radiação solar e as horas de insolação no açude de Boqueirão, são medidas por actinógrafo e registradas durante o período de realização das coletas e nos dias anteriores em $\text{cal.cm}^{-2}\text{min}^{-1}$. Este instrumento está montado na estação meteorológica de Boqueirão.

5.8 – Parâmetros de Qualidade e Demais Variáveis Utilizadas

Parâmetros Físicos e Químicos	Metodologia	Referências Bibliográficas
Temperatura da Água	Termômetro digital	HAMMER(1979)
pH	Potenciométrico (pHmetro digital)	APHA (1995)
Transparência	Disco de Secchi	ESTEVES, 1998
Oxigênio Dissolvido	Método Winkler	APHA (1995)
Alcalinidade	Titulométrico/Eletrométrico	APHA (1995)
Condutividade Elétrica	Eletrométrico (condutímetro)	APHA (1995)
Nitrogênio Amoniacal	Espectrofotométrico (Neslerização Direta)	APHA (1995)
Nitrato	Espectrofotométrico (Salicilato de sódio)	RODIER, (1979)
Fósforo Total	Espectrofotométrico (Ac. Ascórbico)	APHA (1995)
Ortofosfato Solúvel	Espectrofotométrico (Ac. Ascórbico)	APHA (1995)
Parâmetros Microbiológicos		
Coliformes Fecais (CF)	Membrana Filtrante	APHA (1995)
Estreptococos Fecais (EF)	Membrana Filtrante	APHA (1995)
<i>Escherichia coli</i>	Método Cromogênico	APHA (1995)
Clorofila “a”	Extração a Quente com Metanol	JONES (1979)
Parâmetros Meteorológico		
Vento	Anemômetro Totalizador	LMRS/EMBRAPA
Precipitação Pluviométrica	Pluviômetro	LMRS/EMBRAPA
Temperatura do Ar	Termistor	LMRS/EMBRAPA
Radiação Solar	Actinógrafo	LMRS/EMBRAPA

Atividades Complementares: Informações sobre as atividades das Bacias de Drenagem e do manejo atual dos açudes serão levantadas com a CAGEPA, o LMRS e a Área de Recursos hídricos do Departamento de Engenharia Civil da UFCG.

5.9 – Área da Bacia Hidráulica, Volume, Perímetro e Profundidade Máxima

A determinação da capacidade de armazenamento, área da bacia hidráulica, perímetro e profundidade dos açudes foi feita com auxílio do LMRS, através de levantamentos batimétricos, com utilização de um Sistema de Posicionamento Global (GPS) e uma eco-sonda (ecobatímetro) para determinar a profundidade.

5.10 – Procedimento de Coleta e Acondicionamento das Amostras

As coletas são realizadas geralmente as 08:00h do dia inicial até as 06:00 do dia seguinte, com coletas na superfície e na coluna de água, a cada três horas em cinco profundidades, perfazendo um total de 40 amostras.

A equipe de coleta é levada ao açude (acampamento) e dali, o material necessário para cada coleta é transportado até a estação de coleta (demarcada por um flutuador preso por uma âncora – 7°29'19,5''S e 36°8'31,3'') num barco a motor aparelhada devidamente com equipamentos de proteção (salva-vidas) e de coleta.

As amostras da água são coletadas com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn, com capacidade para 5 litros.

As amostras para análises físicas e químicas são transferidas para garrafas plásticas de 2 litros perfeitamente limpas e identificadas. Para a determinação de oxigênio dissolvido - OD, as amostras são colocadas em um balde para que a água seja coletada em frascos de vidros apropriados sem aeração. A temperatura e a transparência da água são obtidas no campo, logo imediatamente após a coleta das amostras.

Para as análises microbiológicas, a coleta é feita em frascos de vidro cor âmbar, de boca larga, com os gargalos protegidos com papel alumínio e uma tampa a prova de vazamentos, previamente esterilizados em estufa por calor seco a 1700°C, por um período de 2 horas. Durante a coleta, os frascos são abertos junto à água para evitar contaminação externa, e preenchidos até 2/3 do seu volume para facilitar a homogeneização no laboratório. Estes são imediatamente fechados e condicionados em caixa de isopor com gelo a aproximadamente 10°C. As amostras são levadas ao laboratório de saneamento /AESA /DEC /CCT/UFPB.

5.11 - Período e Frequência de Coleta

As caracterizações físicas, químicas e sanitárias da coluna de água dos açudes estão em andamento e se estenderá por um período de 2 meses (Junho/2003), tendo seu início em Maio/2002. A frequência dos estudos nictemerais é aproximadamente de 2 a 3 meses. Em cada experimento, a frequência de coletas de amostras se realiza de 2 em 2 ou de 3 em 3 horas (dependendo da agilidade nas coletas e condições adversas).

6 – PROCESSAMENTO DE DADOS

6.1 – Análise de Correlação Múltipla de Pearson

O objetivo do estudo da correlação é determinar a força do relacionamento entre duas observações emparelhadas. O termo “correlação” significa literalmente “correlacionamento”, por que indica até que ponto os valores de uma variável estão relacionados com os valores de outra.

O método mais comum de análise de correlação envolve observações com valores numéricos. O grau de relacionamento entre duas variáveis desse tipo é dado por um coeficiente de correlação, conhecido como *r de Pearson*, que desenvolveu essa técnica. Neste caso, o coeficiente de correlação *r* tem duas propriedades que caracterizam a natureza de uma relação entre duas variáveis. Uma é o sinal (+ ou -) e a outra é a sua grandeza (Lopes, 1999).

O sinal é o mesmo que o do coeficiente angular de uma reta imaginária que se ajustasse aos dados se fosse traçado em um diagrama de dispersão, e a grandeza de *r* indica quão próximos da “reta” estão os pontos individuais. Por exemplo, valores de *r* próximos de -1,00 ou + 1,00 indicam que os valores das observações estão muito próximos da reta, ou mesmo sobre ela, enquanto que os valores próximos de 0 indicam dispersão.

O coeficiente de correlação *r* da amostra varia entre -1 e +1. O valor de *r* igual a 1 mostra uma relação linear positiva perfeita entre X e Y. Isto significa que, quando X aumenta, Y aumenta linearmente e que, quando X diminui, Y diminui linearmente. De modo idêntico, um valor de *r* igual a -1 indica uma relação linear negativa perfeita entre X e Y. Entretanto, se o valor de *r* é igual a 0, as duas variáveis X e Y são não-correlacionadas linearmente embora possam ter um outro tipo de relacionamento (Lopes, 1999).

Para a análise de correlação utilizou-se a planilha eletrônica SPSS 8.0 for Windows.

6.2 – Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento (hierarchical cluster analysis) tem como finalidade agrupar os pontos em conjuntos de semelhanças, através da comparação das medianas de todos os valores de todos os parâmetros para cada ponto. O resultado é dado na forma de dendrogramas onde são observados diferentes grupos de pontos, cabendo ao usuário escolher os grupos mais significativos dependendo da distribuição espacial dos pontos e dos fundamentos teóricos utilizados.

